

Bremen, 16. Dezember 2004

Unser Zeichen: WA 2824-03WO STK/cmu  
Durchwahl: 0421/36 35 694

Anmelder/Inhaber: WOBLEN, Aloys  
Amtsaktenzeichen: PCT/EP03/07916

#### Neue Ansprüche

1. Verfahren zum kontinuierlichen Entsalzen von Wasser durch Umkehrosmose, insbesondere zum Entsalzen von Meerwasser, wobei
  - Salzwasser (10) unter einem ersten Druck ( $p_1$ ) mittels einer Förderpumpe (1) in eine eine Kolben-/Zylindervorrichtung aufweisende Druckausgleichsvorrichtung (2) eingeleitet wird,
  - Salzwasser (11) von der Druckausgleichsvorrichtung (2) mit einem zweiten, erhöhten Druck ( $p_2$ ) kontinuierlich in ein Membranmodul (3) eingeleitet und dort mittels einer Membran (6) in entsalztes Wasser (12) und konzentriertes Salzwasser (13) getrennt wird,
  - das aus dem Membranmodul (3) ausgeleitete konzentrierte Salzwasser (13) unter etwa dem zweiten Druck ( $p_2$ ) kontinuierlich in die Druckausgleichsvorrichtung (2) eingeleitet und dort zur Beaufschlagung des in die Druckausgleichsvorrichtung (2) eingeleiteten Salzwassers (10) mit etwa dem zweiten Druck ( $p_2$ ) und zur Einleitung des Salzwassers (11) in das Membranmodul (3) benutzt wird, und
  - eine kontinuierliche Strömung des in das Membranmodul (3) eingeleiteten Salzwassers (11) über die Membranoberfläche der Membran (6) mittels aus einem Speicher (15; 403, 20) ausgeleitetem Salzwasser aufrechterhalten wird,

dadurch gekennzeichnet, dass der Speicher (15; 403; 20) einen Kolbenspeicher (403) mit einem Kolben (303) aufweist, wobei an der Kolbenvorderseite eine mit dem Salzwasserausgang der Druckausgleichsvorrichtung (2) und dem Salzwassereingang des Membranmoduls (3) verbundene Eingangskammer (203) und an der Kolbenrückseite eine mit dem Ausgang des konzentrierten Salzwassers (13) des Membranmoduls (3) verbundene Ausgangskammer (103) sowie eine mit einem Druckspeicher (20) verbundene Druckkammer (503) aufweist, und dass die Flächenverhältnisse der Kolbenrückseite und der Druck des Druckspeichers (20) derart eingestellt sind, dass zu vorgegebenen Zeitpunkten ein Druck in der Eingangskammer (203) erzeugt wird, welcher größer ist als der zweite Druck ( $p_2$ ) des aus der Druckausgleichsvorrichtung (2) ausgeleiteten Salzwassers (11).

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass die Druckausgleichsvorrichtung (2) zwei gegenphasig arbeitende Kolben-/Zylinder-Vorrichtungen (401, 402) mit jeweils einem Kolben (301, 302) aufweist und dass der Speicher (15; 403; 20) bei Änderung der Bewegungsrichtung der Kolben (301, 302) Wasser aus dem Speicher (15; 403; 20) in das Membranmodul (3) leitet.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass der Druck zum Ausleiten des Wassers aus dem Speicher (15; 403; 20) durch Kombination des in etwa zweiten Drucks ( $p_2$ ) des aus dem Membranmodul (3) ausgeleiteten konzentrierten Salzwassers (13) und eines Unterstützungsdrucks aus einem Druckspeicher (20) erzeugt wird.

4. Vorrichtung zum kontinuierlichen Entsalzen von Wasser durch Umkehrosmose, insbesondere zum Entsalzen von Meerwasser, mit

- einer Förderpumpe (1) zum Einleiten von Salzwasser (10) unter einem ersten Druck ( $p_1$ ) in eine Druckausgleichsvorrichtung (2),
- einem Membranmodul (3) zum Trennen von eingeleitetem Salzwasser (11) in entsalztes Wasser (12) und konzentriertes Salzwasser (13),
- einer eine Kolben-/Zylindervorrichtung aufweisende Druckausgleichsvorrichtung (2) zum kontinuierlichen Zuführen des Salzwasser (11) unter einem zweiten, erhöhten Druck ( $p_2$ ) in das Membranmodul (3) und zum Abführen des konzentrierten Salzwassers (13), und

- einem Speicher (15; 403, 20) zur Aufrechterhaltung einer kontinuierlichen Strömung des in das Membranmodul (3) eingeleiteten Salzwassers (11) über die Membranoberfläche der Membran (6) durch Ausleiten von Wasser aus dem Speicher (15; 403; 20) in das Membranmodul (3),

dadurch gekennzeichnet, dass der Speicher (15; 403; 20) einen Kolbenspeicher (403) mit einem Kolben (303) aufweist, wobei an der Kolbenvorderseite eine mit dem Salzwasserausgang der Druckausgleichsvorrichtung (2) und dem Salzwassereingang des Membranmoduls (3) verbundene Eingangskammer (203) und an der Kolbenrückseite eine mit dem Ausgang des konzentrierten Salzwassers (13) des Membranmoduls (3) verbundene Ausgangskammer (103) sowie eine mit einem Druckspeicher (20) verbundene Druckkammer (503) aufweist, und dass die Flächenverhältnisse der Kolbenrückseite und der Druck des Druckspeichers (20) derart eingestellt sind, dass zu vorgegebenen Zeitpunkten ein Druck in der Eingangskammer (203) erzeugt wird, welcher größer ist als der zweite Druck ( $p_2$ ) des aus der Druckausgleichsvorrichtung (2) ausgeleiteten Salzwassers (11).

5. Vorrichtung nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass die Druckausgleichsvorrichtung (2) zwei gegenphasig arbeitende Kolben-/Zylinder-Vorrichtungen (401, 402) mit jeweils einem Kolben (301, 302) aufweist und dass der Speicher (15; 403; 20) bei Änderung der Bewegungsrichtung der Kolben (301, 302) Wasser aus dem Speicher (15; 403; 20) in das Membranmodul (3) leitet.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5,

dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben (303) derart ausgestaltet ist, dass der in der Druckkammer (503) herrschende Druck auf etwa ein Viertel der Fläche der Kolbenrückseite und der in der Ausgangskammer (103) herrschende Druck in etwa auf drei Viertel der Fläche der Kolbenrückseite einwirken kann.

7. Vorrichtung nach Anspruch 4, 5 oder 6,

dadurch gekennzeichnet, dass der Druckspeicher (20) einen Druck aufweist, der mindestens das Doppelte des zweiten Drucks ( $p_2$ ) beträgt.

Bei derartigen nach dem Prinzip der Umkehrosmose arbeitenden Entsalzungsanlagen erfolgt die Trennung in konzentriertes Salzwasser und entsalztes Wasser an einer in dem Membranmodul befindlichen sogenannten „Crossflow“-Membran. Bei einer solchen Membran fließt das eingeleitete Salzwasser auf der Oberfläche der Membran entlang, während ein Teil davon als entsalztes Wasser (Trinkwasser) in einer Richtung senkrecht dazu durch die Membran hindurchtritt. Diese sich kreuzenden Wasserströmungen werden auch als „Crossflow“ bezeichnet. Die Strömung auf der Membranoberfläche spült dabei auch unerwünschte Fremdkörper auf der Membranoberfläche fort und bewirkt somit also eine kontinuierliche Reinigung der Membran.

Bei der bekannten Ausgestaltung der Entsalzungsvorrichtung mit zwei Kolben-/Zylinder-Vorrichtungen ist zwar im Moment der Umschaltung der Bewegungsrichtung der Kolben ein ausreichend hoher Druck vorhanden, um weiter Wasser durch die Membran zu pressen und damit entsalztes Wasser zu erzeugen. Allerdings ist festgestellt worden, dass der „Crossflow“ im Umschaltmoment zusammenbricht. Dadurch wird die Membran in diesem Moment nicht mehr ausreichend gespült, so dass es zu einer Aufkonzentrierung von Salz molekülen auf der Membranoberfläche kommen kann, die zu einem Anstieg des osmotischen Drucks und damit des Betriebsdrucks bis hin zur Ausbildung einer Salzkruste auf der Membranoberfläche und einer dauerhaften Betriebsunterbrechung führen kann.

Aus der US 4,187,173 und der EP 0 018 128 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Entsalzen von Wasser nach der Umkehrosmose, wobei sowohl im Speisewasserkreis als auch – bei der US 4,187,173 – im Konzentratkreis jeweils ein Druckausgleichsbehälter vorgesehen ist. Diese Druckausgleichsbehälter sind dort als Pulsationsdämpfer bzw. Differenzialdruckdämpfer ausgestaltet, bei denen ein Kolben in einem Zylinder verfahrbar ist und den Innenraum des Zylinders in zwei Kammern unterteilt. Zum Ausleiten von in einer Kammer befindlichem Speisewasser ist dort vorgesehen, dass auf den Kolben Druck ausgeübt wird mittels in die zweite Kammer eingeleiteten Konzentrats und einer in dieser Kammer befindlichen Springfeder.

Aus der FR 2 568 321 und der EP 0 055 981 A1 sind weitere Vorrichtungen und Verfahren für die Umkehrosmose bekannt.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, bei den bekannten Verfahren und Vorrichtungen zum kontinuierlichen Entsalzen von Wasser durch Umkehrosmose, die mit einem beschriebenen Membranmodul arbeiten, Maßnahmen zur Vermeidung der beschriebenen Probleme vorzusehen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1.

Eine entsprechende Vorrichtung zur Lösung der beschriebenen Probleme ist in Anspruch 4 angegeben. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, dass die beschriebenen Probleme, insbesondere eine Betriebsunterbrechung aufgrund einer Verschmutzung der Membranoberfläche oder gar einer Beschädigung der Membran, vermieden werden können, indem die Strömung über die Membran durch geeignete Mittel kontinuierlich aufrechterhalten wird. Dazu wird erfindungsgemäß ein Speicher vorgesehen, der auf das in das Membranmodul eingeleitete Salzwasser einwirkt und zur Aufrechterhaltung der Strömung über die Membran zusätzlich Wasser, insbesondere Salzwasser, in das Membranmodul einleitet.

Erfindungsgemäß ist ferner eine Kolben-/Zylinder-Vorrichtung vorgesehen, die einen Kolben aufweist, der den Zylinderinnenraum in drei Kammern unterteilt, wobei in eine Eingangskammer das aus der Druckausgleichsvorrichtung ausströmende Salzwasser, in einer Ausgangskammer das aus der Membranvorrichtung ausströmende konzentrierte Salzwasser und in einer Druckkammer ein in einem Druckspeicher gespeichertes Medium, z.B. ebenfalls Wasser oder eine Hydraulikflüssigkeit, unter einem hohen Druck vorhanden ist. Die gewünschte Aufrechterhaltung der Strömung durch Ausleitung von Wasser aus dem Speicher stellt sich dabei vorzugsweise von selbst ein. Es kann aber auch eine entsprechende Steuereinrichtung zur Steuerung der Kolben-/Zylinder-Vorrichtung vorgesehen sein, um die gewünschte Druckunterstützung zu bewirken.

Bevorzugte Ausgestaltungen dieser Kolben-/Zylinder-Vorrichtung sind in den Ansprüchen 6 und 7 angegeben.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass, beispielsweise im Umschaltmoment bei der bekannten Vorrichtung mit zwei Kolben-/Zylinder-Vorrichtungen, ein Druckabfall oder Strömungsabfall überbrückt wird, um die kontinuierliche Strömung über die Membran aufrechtzuerhalten. Beispielsweise können entsprechende Sensoren zur Messung einer Verringerung der Strömung über die Membran vorgesehen sein.

Bevorzugt sind erfindungsgemäß zwei gegenphasig arbeitende Kolben-/Zylinder-Vorrichtungen vorgesehen, wie sie aus der WO 02/41979 A1 bekannt sind. Der Speicher bewirkt dann, dass bei Änderung der Bewegungsrichtung der Kolben, also insbesondere im Moment des Stillstandes der Kolben, ein Unterstützungsdruck auf das Salzwasser ausgeübt wird. So wird insbesondere in diesem Umschaltmoment ein eventueller Druckabfall ausgeglichen und die Strömung über die Membran aufrechterhalten.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung ist in Anspruch 3 vorgesehen. Dabei wird der zum Ausleiten des Wassers aus dem Speicher erforderliche Druck erzeugt einerseits aus dem Druck des aus dem Membranmodul ausgeleiteten konzentrierten Salzwassers und zusätzlich aus einem in einem Druckspeicher gespeicherten Druck, wobei der sich insgesamt ergebende Druck natürlich im Bedarfsfall größer sein muss als der Druck, den das aus der Druckausgleichsvorrichtung ausströmende Salzwasser aufweist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1      ein Blockschaltbild zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens und  
Fig. 2      eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Das Blockschaltbild in Fig. 1 zeigt eine Förderpumpe 1 zum Einleiten von Salzwasser 10 in eine Druckausgleichsvorrichtung 2 unter einem ersten Druck  $p_1$ . Aus der Druckausgleichsvorrichtung 2 wird dasselbe Salzwasser 11, das jedoch nun mit einem hohen Arbeitsdruck  $p_2$  beaufschlagt ist, dem Membranmodul 3 zugeleitet. Dort tritt ein Teil des Salzwassers 11 durch die Membran 6, die vorzugsweise als sogenannte „Crossflow“-Membran ausgestaltet ist, hindurch, beispielsweise 25% des Salzwassers 11, wird dabei entsalzt und als entsalztes Wasser 12 abgeleitet. Der restliche Teil des Salzwassers 11, z.B. 75%, kann die Membran 6 nicht durchtreten, sondern strömt entlang der Oberfläche der Membran 6 in die Verbindungsleitung 5, über die es als konzentriertes Salzwasser 13 aus dem Membranmodul 3 ausgeleitet wird. Das konzentrierte Salzwasser 13, das dabei immer noch einen hohen Druck aufweist, der etwa dem Druck  $p_2$  entspricht, aber etwas niedriger ist,